

بررسی آلودگی میکروبی و نیترات در سفره‌های آب زیرزمینی

سید مرتضی درخور^{۱*}، مجید شبان^۱

۱- نویسنده مسئول، دانشکده محیط زیست، دانشگاه آزاد اسلامی بونات، ایران

* ایمیل نویسنده مسئول: morteza.ds72@gmail.com

تاریخ پذیرش: ۹۷/۱/۱۸

تاریخ دریافت: ۹۶/۱۲/۱۰

چکیده

مسئله‌ی مهم در مورد منابع آب زیرزمینی، درک ویژگی‌های حوزه آبریز محلی یا سفره آب، شناخت مواردی که منجر به آلودگی می‌شوند و مدیریت آن‌هاست. طی آبان ماه سال ۱۳۹۶ نمونه‌برداری از تعداد ۵ چاه با هدف ارزیابی و شناخت وضعیت کیفی و عوامل تهدید منابع آب زیرزمینی شهر یاسوج صورت گرفت. فاکتورهای مورد اندازه‌گیری در چاه‌های آب شامل پارامترهای فیزیکی (دما، رنگ و بو)، پارامترهای شیمیایی (pH, EC, TSS, TDS)، آنیون‌ها (NO₃, NO₂, Cl⁻, SO₄²⁻, CO₃²⁻) کاتیون‌ها (K, Mg, Na) فلزات سنگین (Pb, Ag, Cd) و MTBE می‌باشند. در محل نمونه‌برداری pH هدایت الکتریکی و دمای آب سنجیده شد. برای اندازه‌گیری غلظت عناصر جزئی از روش دستگاهی جذب اتمی کوره‌ی گرافیتی، غلظت آنیون‌ها با روش تیتراسیون و پتانسیومتری، غلظت کاتیون (Mg) با استفاده از تیتراسیون و Na, K با روش شعله‌سنجی و اندازه‌گیری میزان MTBE بوسیله دستگاه گاز کروماتوگرافی صورت گرفت. نتایج آزمون‌های آنیونی افزایش نیترات، سولفات و کلراید را در ایستگاه‌های جنوبی و غربی نشان داد که علت را می‌توان مرتبط با شیب شمال شرقی به جنوب غربی و همچنین بافت شنی منطقه دانست. افزایش غلظت کاتیون‌ها در چاه‌های شرق و شمال شرقی منطقه قابل مشاهده است که در مورد پتاسیم علت افزایش را می‌توان به بافت رسی، فاضلاب چاه‌های جذبی و کود مصرفی در فضای سبز این نواحی مرتبط دانست دامنه غلظت کلراید در چاه‌های منطقه بین ۹/۹۴ در ایستگاه شماره ۵ و ۲/۹۹ در ایستگاه هجرت می‌باشد که در آب هم‌اکنون چاه‌ها کمتر از حد استاندارد تعیین شده بود. در مورد فلزات سنگین نیز با توجه به نقشه‌های پهنه‌بندی و نمودارهای متوسط غلظت‌ها نشان دهنده‌ی عدم آلودگی آب زیرزمینی منطقه به فلزات سنگین سرب و نقره می‌باشد ولی غلظت کادمیوم در همه‌ی چاه‌ها به یک نسبت بیش از حد استاندارد: $1 > \mu\text{g/L}$ می‌باشد که علت آن را می‌توان به شسته شدن خیابان‌ها و خاک‌های آلوده به کادمیوم در هنگام بارندگی‌ها دانست. در مجموع می‌توان گفت از غرب به شرق غلظت پتاسیم، EC، TDS و از شرق به غرب غلظت نیترات روند صعودی را نشان می‌دهد.

کلمات کلیدی

"کیفیت آب"، "منابع آلاینده"، "ارمند"، "آلودگی میکروبی"

Study of Microbial and Nitrate Contamination in Groundwater Aquifers

Seyyed Morteza Darkhor^{1*}, Majid shaban¹

¹ Graduate Faculty of Environment, Islamic Azad University, Iran

*Email Address: morteza.ds72@gmail.com

ABSTRACT

The important issue of groundwater resources, understanding the characteristics of the local watershed or aquifer, identifying those that are infected and their management. In November 1395 of 8 wells sampled to assess and evaluate qualitative factors threatening groundwater resources was Yasouj. The factors measured in wells containing physical parameters (temperature, color and smell), chemical parameters (TDS, TSS, EC, pH), anion (CO₃, SO₄, Cl⁻, NO₃, NO₂) cations (K, Mg, Na) heavy metals (Cd, Ag, Pb) and MTBE are. In situ pH and electrical conductivity and water temperature were measured. To measure the concentration of trace elements using atomic absorption furnace graphite concentration of anions by titration and potentiometric, concentrations of cations (Mg) using titration and Na, K by flame and measurements of MTBE by gas chromatography for was. The results of increased nitrate anion, sulfate and chloride in southern and western stations showed that the cause may be associated with the slope of the northeast to southwest and a sandy texture region. High concentrations of cations in the well of the East and Northeast region is visible in the case of potassium due, can be clay, drainage wells absorption and fertilizer in green space areas related Danstdamnh chloride concentration in the wells in the area between 94/9 and 99/2 at the station in station No. 5 is the migration of water in all wells was less than the standard set. In the case of heavy metals due to zoning maps and charts concentrations indicate the lack of ground water pollution area to the heavy metals lead and silver. The concentration of cadmium in all wells to a ratio of more than standard: $1 > \mu\text{g/L}$ is the cause of which can be washed off the streets and contaminated soil during rains, he said. In general, it can be said from West to East potassium concentration, TDS, EC and from East to West nitrate concentration shows an upward trend.

Keywords: "Water Quality", "Pollution Sources", "Armand", "Microbial Contamination"

۱- مقدمه

افزایش سریع وسعت و جمعیت شهرها در طی چند دهه گذشته از یک طرف سبب برداشت زیاد از منابع آب زیرزمینی شده و از طرف دیگر تخلیه فاضلاب شهری به سفره آب زیرزمینی آلودگی سفره را به همراه داشته است. مطالعه حاضر نشان می‌دهد که غلظت نیترات می‌تواند در مناطق با بافت خاک درشت دانه به چند برابر حد مجاز برسد. مشکل آلودگی آب زیرزمینی در شهرهای واقع بر سفره‌های آبرفتی شدیدتر است. به طور طبیعی سفره‌های آبرفتی آلودگی وارده به سفره را کاهش می‌دهند اما در صورتی که حجم آلودگی وارده بیش از ظرفیت تصفیه طبیعی خاک باشد، موجب آلودگی منابع آب زیرزمینی خواهد شد.

قدرت تصفیه خاک به نفوذپذیری خاک، دبی فاضلاب ورودی، ضخامت منطقه غیراشباع، شدت آلودگی و غیره بستگی خواهد داشت. در شهرهایی که فاقد شبکه گردآوری فاضلاب هستند و پساب خانگی مستقیماً به آبرفت وارد می‌شود به مرور زمان قدرت تصفیه‌کنندگی خاک کاهش یافته و آب آلوده به سفره آب زیرزمینی وارد خواهد شد. افزایش سطح آب و کاهش ضخامت منطقه غیراشباع از جمله دلایل دیگر گسترش سریع آلودگی است (جعفری، ۱۳۹۲، ص ۵۴).

آلودگی با منشأ فاضلاب خانگی سبب افزایش غلظت یون فسفات، کلراید، نیترات و نیتریت و باکتری‌های کلیفورم در آب زیرزمینی خواهد شد. در مناطق شهری کشتارگاه‌ها، قبرستان‌های قدیمی و محل‌های قبلی دیوی زباله از جمله مناطق شدید آلوده هستند. در اطراف قبرستان‌ها معمولاً غلظت یون فسفات خیلی بیشتر از سایر مناطق شهر است (قاسمی و همکاران، ۱۳۸۸، ص ۵۴).

نیتروژن عنصر اصلی برای همه ارگانسیم‌ها است و منشأ اصلی آن از نیتروژن اتمسفر می‌باشد. آلودگی نیتراته توسط فعالیت‌های بشری رخ می‌دهند. زائده‌های صنعتی و شهری منبع اصلی به وجود آورنده ترکیبات نیتروژن در آب هستند. مواد ازت دار به طرق مختلف مانند تماس منابع آب با فاضلاب و اکسیداسیون مواد آلی ازت دار نظر پروتئین‌ها ایجاد می‌شوند. آمونیاک حاصله هم پس از مدتی به نیتریت اکسیده شده و نیتریت هم به نیترات تبدیل می‌شود. آمونیاک در درجه اول و سپس نیتریت باعث آلودگی شدید آب می‌شوند. وجود نیتریت (NO_2) و نیترات (NO_3) در آب‌های شهری بر حسب میلی‌گرم در لیتر ازت، بیان شده و نباید بیش از ۱۰ باشد. کل ازت اکسید شده برابر با ازت نیتریت و نیترات است. نیتریت مرحله میانی اکسایش ازت در اکسید شدن بیوشیمیایی آمونیاک و تبدیل آن به نیترات است (لاله زاری و همکاران، ۱۳۸۸، ص ۳۶).

کیفیت میکروبی منابع آب معمولاً بر اساس تعداد و تکرار انواع خاصی از باکتری‌ها تعیین می‌گردد. کلیفورم‌ها به عنوان عمده‌ترین شاخص کیفیت میکروبی منابع آب می‌باشد که به وفور در مدفوع انسان و سایر حیوانات خونگرم یافت می‌شود. متداول‌ترین باکتری در گروه کلیفورم را اشریشیاکلی تشکیل می‌دهد که شاخص آلودگی مدفوعی آب است. از تمام باکتری‌هایی که در آب‌ها یافت می‌شوند تنها تعداد کمی برای سلامتی انسان مضر می‌باشند و از آنجا که شناخت باکتری‌های بیماری‌زا از باکتری‌های بی‌ضرر نیاز به آزمایش‌های دقیق دارد و از سوی دیگر وجود یک باکتری حتی اگر خطرناک نباشد می‌تواند نشان دهنده وجود باکتری‌های دیگر و از آن جمله باکتری‌ها و یا میکروب‌های بیماری‌زا باشد لذا در آب مورد استفاده برای آبرسانی باید تعداد موجودات ذره‌بینی بی‌ضرر نیز از حد معینی بیشتر نگردد.

احتشامی و همکاران (۱۳۸۸) در مطالعه خود با عنوان «بررسی وضعیت آلاینده‌های میکروبی سفره‌های آب زیرزمینی دشت شیراز» بیان می‌دارند: از آنجا که این بیماری‌ها در برخی گروه‌های سنی بیشتر بوده است نشان می‌دهد که عدم رعایت بهداشت در بروز این بیماری‌ها مؤثر می‌باشد. ضروری است که با مدیریت بهداشتی (از طریق ارائه خدمات نظارتی بر مخازن آب مدارس، منازل و صنوف و آموزش بهداشتی ویژه با تأکید بر بهداشت آب، مواد غذایی، مدارس و صنوف عرضه‌کننده مواد غذایی و آشامیدنی و جلوگیری از پرورش سبزیجات با آب‌های آلوده و کود انسانی، تسریع در عملیات ساماندهی مسیل‌ها، جلوگیری از دفع فاضلاب توسط چاه‌های جاذب سالم‌سازی سبزیجات و اقدامات بهداشتی مشابه) می‌توان بر آن غلبه کرد. جعفری و همکاران (۱۳۹۲) در مطالعه خود با عنوان «نقش توسعه شهری بر آلودگی سفره آب زیرزمینی شهر مشهد» بیان می‌دارد: افزایش سریع وسعت و جمعیت شهر مشهد در طی چند دهه گذشته از یک طرف سبب برداشت زیاد از منابع آب زیرزمینی شده و از طرف دیگر تخلیه فاضلاب شهری به سفره آب زیرزمینی آلودگی سفره آبرفتی زیر شهر مشهد را به همراه داشته است. مطالعه حاضر نشان می‌دهد که غلظت نیترات در برخی از قسمت‌های شهر به خصوص در مناطق با بافت خاک درشت‌دانه به چند برابر حد مجاز رسیده است. همچنین غلظت یون‌های فسفات $2/72$ میلی‌گرم در لیتر می‌رسد که نشان دهنده آلودگی سفره آب زیرزمینی با فاضلاب خانگی می‌باشد. نتایج تجزیه میکروبی نیز نشان دهنده افزایش میزان کلیفورم به حداکثر 170 کلیفورم مدفوعی در صد میلی‌لیتر می‌باشد. با توجه به اینکه بیشتر چاه‌های آلوده در محدوده گسترش شهر در طی سال‌های $1375-1365$ قرار دارند به نظر می‌رسد آلودگی سفره از سال

آزمون‌های آنیونی افزایش نیترات، سولفات و کلراید را در ایستگاه‌های جنوبی و غربی نشان داد که علت را می‌توان مرتبط با شیب شمال شرقی به جنوب غربی و همچنین بافت شنی منطقه دانست. افزایش غلظت کاتیون‌ها در چاه‌های شرق و شمال شرقی منطقه قابل مشاهده است که در مورد پتاسیم علت افزایش، را می‌توان به بافت رسی، فاضلاب چاه‌های جذبی و کود مصرفی در فضای سبز این نواحی مرتبط دانست. کادمیوم نیز تنها فلز سنگینی بود که غلظتش بیش از حد مجاز بود. فعالیت‌های کشاورزی، فاضلاب‌های مناطق مسکونی، رواناب‌های سطحی، بافت فرسوده موجود در نواحی و همچنین ساختار زمین‌شناسی منطقه، عدم رعایت فاصله مناسب میان چاه‌های آب با چاه‌های فاضلاب و زمین‌های کشاورزی، سبب تشدید اثرات آلاینده‌گی این بودند. MTBE منابع شده است.

۲- مشکلات آلودگی آب‌های زیرزمینی

به دلیل عدم شناخت صحیح و یا عدم درک میزان آسیب‌پذیری سریع آب‌های زیرزمینی، سهل‌انگاری‌های زیادی صورت گرفته است. اجازه داده‌ایم که بنزین و سایر مایعات مضر از مخازن زیرزمینی به درون سفره‌های آب‌های زیرزمینی نفوذ کند. آلاینده‌ها، از محل‌های دفن زباله یا سیستم‌های فاضلاب که بطور غلطی ساخته شده‌اند، به داخل آن تراوش می‌کنند. آب‌های زیرزمینی از طریق زهاب حاصله از مزارع کشاورزی کود داده شده و مناطق صنعتی، آلوده می‌شوند. صاحبان خانه‌ها با ریختن مواد شیمیایی به داخل فاضلاب یا روی زمین، آب‌های زیرزمینی را آلوده می‌کنند در حالی که تاکنون در خصوص میزان آلودگی آب در ایران اظهار نظرهای مختلفی ارائه شده است، بانک جهانی در جدیدترین گزارش خود از افزایش ۴۰ درصدی آلودگی آب در ایران خبر داد.

۳- بررسی دما-PH و میزان یون‌ها

میزان دما در چاه‌های آلوده نسبت به غیر آلوده تقریباً پایین‌تر است. PH آب‌های آلوده بیشتر به طرف اسیدی شدن میل می‌کند. اگر آب شامل مواد آلی باشد، این مواد سبب کاهش در پتانسیل ردوکس تغذیه شهری شده و باعث حل دی اکسیدکربن می‌شود، و در کاهش PH نیز مؤثر می‌باشد. PH یکی از عواملی است که نحوه حضور کربن اکسید شده را در آب کنترل می‌کند علت اصلی اسیدی نبودن PH برخی از آب‌های زیرزمینی وجود بیکربنات است میزان آنیون‌ها در نمونه‌های غیر آلوده به صورت $\text{HCO}_3 > \text{SO}_4 > \text{Cl}$ و در نمونه‌های آلوده به صورت $\text{SO}_4 > \text{HCO}_3 > \text{Cl}$ است، میزان کاتیون‌ها در آب نیز بیشتر به صورت $\text{Na} > \text{Ca} > \text{Mg}$ می‌باشد.

۱۳۶۵ به بعد تشدید شده است. آسفی و ذوالنوری (۱۳۸۹) در مطالعه خود با عنوان «آلودگی آب‌های زیرزمینی» بیان می‌دارد: کاهش سطح آب زیرزمینی و استفاده بیش از حد از آن با توجه به کاهش بارندگی و افزایش روزافزون جمعیت، بشر را مجبور به استفاده از منابع دیگر آب نموده است. امروزه پساب تصفیه خانه‌های فاضلاب به عنوان یک منبع جدید و دائمی مورد توجه کارشناسان جهت جبران منابع آب زیرزمینی به طور مستقیم و غیرمستقیم شناخته شده است و اساساً تصفیه زمانی معنی پیدا می‌کند که پساب مورد استفاده مجدد قرار بگیرد. روش‌های بهره‌گیری از پساب گسترده و حساس می‌باشد که از آن جمله می‌توان به تغذیه مصنوعی، آبیاری کشاورزی، صنایع، پرورش ماهی، فضای سبز اشاره کرد.

محمدی (۱۳۸۲) در مطالعه خود با عنوان «بررسی نیترات در شبکه منابع آب شهر همدان» بیان می‌دارد:

غلظت بالای نیترات در منابع آب آشامیدنی یک خطر جدی برای سلامتی مردم به وجود می‌آورد. علاوه بر کودهای شیمیایی منابع دیگر نیترات در آب‌های زیرزمینی شامل پساب، فاضلاب، فضولات حیوانی و نشست و حوض‌های سرپوشیده گنداب می‌باشد، آلودگی آب‌های زیرزمینی، زمانی که زمین ماسه‌ای باشد به دلیل هدایت هیدرولیکی تسریع می‌شود. افزون بر این آلودگی در سفره‌های آب زیرزمینی که چسبیده به سطح هستند خیلی شدید می‌باشد.

شیرانی و همکاران (۱۳۹۲) در مطالعه خود با عنوان «ارزیابی منابع آلودگی آب‌های زیرزمینی در محیط شهری (مطالعه موردی: منطقه ۱۴ شهرداری تهران)» بیان می‌دارند: مسئله‌ی مهم در مورد منابع آب زیرزمینی، درک ویژگی‌های حوزه آبریز محلی یا سفره آب، شناخت مواردی که منجر به آلودگی می‌شوند و مدیریت آن‌هاست. طی آبان ماه سال ۱۳۹۰ نمونه‌برداری از تعداد ۱۶ چاه با هدف ارزیابی و شناخت وضعیت کیفی و عوامل تهدید منابع آب زیرزمینی منطقه ۱۴ شهرداری تهران صورت گرفت. فاکتورهای مورد اندازه‌گیری در چاه‌های آب شامل NO_3 ، NO_2 ، Cl ، SO_4 ، CO_3 ، CO_2 ، TDS ، EC ، TSS ، پارامترهای فیزیکی (دما، رنگ و بو)، پارامترهای شیمیایی هدایت الکتریکی، pH می‌باشند. در محل نمونه‌برداری MTBE و (Ag، Cd، Pb) فلزات سنگین، (Na، K، Mg) کاتیون‌ها، HCO_3 و دمای آب سنجیده شد. برای اندازه‌گیری غلظت عناصر جزئی از روش دستگاهی جذب اتمی کوره‌ی گرافیتی، غلظت آنیون‌ها با روش MTBE با روش شعله سنجی) و اندازه‌گیری میزان Na، K با استفاده از تیتراسیون و (Mg) تیتراسیون و پتانسیومتری، غلظت کاتیون‌ها بوسیله دستگاه گاز کروماتوگرافی صورت گرفت. نتایج

۴- روش تحقیق

استفاده شد. همچنین نرم افزار اکسل برای ترسیم جداول و نمودارها به صورت مقایسه‌ای انجام گرفت.

این مطالعه در سال ۱۳۹۶ طی یک مرحله نمونه برداری بر روی ۵ چاه تأمین کننده آب آبیاری شهر یاسوج انجام شد. در جدول ۱ نام چاه‌ها به همراه مختصات طول و عرض جغرافیایی آن‌ها ایستگاه‌های نمونه برداری آورده شده است.



شکل ۱- نقشه موقعیت چاه‌های مورد بررسی در یاسوج

جدول ۱- نام ایستگاه‌های نمونه برداری به همراه مختصات طول و عرض جغرافیایی

شماره ایستگاه	مختصات طول جغرافیایی	مختصات عرض جغرافیایی
۱	۹/۴۸۱۳۳۲	۳۴۸۷۳۲۵
۲	۳/۴۸۰۴۷۳	۳۴۸۷۰۳۴
۳	۲/۴۸۲۰۱۳	۳۴۸۷۶۹۷
۴	۳/۴۸۲۳۰۱	۳۴۸۸۲۲۴
۵	۷/۴۸۵۸۳۴	۳۴۸۸۱۶۱

۶- نتایج و بحث

پارامترهای مورد اندازه گیری به دو دسته فیزیکی و شیمیایی تقسیم شده که پارامترهای فیزیکی شامل دما، رنگ و بو می باشد. بیشترین دما مربوط به ایستگاه میلاس می باشد و کمترین دما مربوط به آب چاه عشایر می باشد و علت این تغییر دما در آب چاه‌ها مربوط به ساعتی از روز (۸ صبح الی ۴ بعد از ظهر) است که نمونه برداری انجام گرفته است، به علاوه آب چاه‌ها فاقد رنگ و بو بودند. مقادیر حداقل، حداکثر و متوسط برخی از پارامترهای شیمیایی آب زیرزمینی شهر لردگان در جدول ۲ نشان داده شده است.

جهت نمونه برداری از چاه‌های آب از ظروف پلی اتیلنی ۱/۵ لیتری، برای هر نقطه دو ظرف، به طوری که یکی از نمونه‌ها با اسید نیتریک خالص تا pH کمتر از ۲ اسیدی شد که این نمونه‌ها برای اندازه گیری فلزات سنگین در نظر گرفته شد و نمونه‌های دیگر برداشتی از آب چاه‌ها برای اندازه گیری آنیون‌ها و دیگر کاتیون‌ها بر اساس روش‌های ارایه شده در کتاب استاندارد متد سال ۱۹۹۸ مورد استفاده قرار گرفتند. برای آزمایشات MTBE، نمونه برداری آب بدین علت که ظروف پلی اتیلنی خود دارای ترکیبات نفتی هستند از ظروف شیشه‌ای در سمباده‌ای تیره رنگ استفاده شد و فقط در مورد چاه‌هایی انجام گرفت که در محدوده‌ی پمپ بنزین و پمپ گازهای منطقه قرار گرفته بودند.

جدول ۲- مقادیر حداقل، حداکثر و متوسط پارامترهای شیمیایی آب زیرزمینی منطقه

پارامتر آنالیز	pH	EC (Ds/m)	TSS (mg/L)	TDS (mg/L)
میانگین	4.65	1.242	5	548.7
بیشینه	5	1.592	5	707
کمینه	4.5	1.095	5	481
میانه	4.5	1.542	5	542
ماکزیمم مطلوب	**8.5	**3	*50	*2000
مینیمم مطلوب	**6.5	**0.7	*100	*0

در محل نمونه برداری pH، هدایت الکتریکی و دمای آب مورد سنجش قرار گرفت. اندازه گیری غلظت عناصر جزئی با استفاده از روش دستگاهی جذب اتمی کوره‌ی گرافیتی و غلظت آنیون‌ها با روش تیتراسیون و پتانسیومتری، غلظت کاتیون‌ها (Mg) با استفاده از تیتراسیون و Na, K با روش شعله سنجی) و اندازه گیری میزان MTBE با استفاده از روش 524.2 USEPA و دستگاه گاز کروماتوگرافی مدل CP-3800 صورت گرفت.

۵- روش تحلیل داده‌ها

آب همه‌ی چاه‌ها دارای اسیدیته ۴/۵ و ۵ بودند یعنی در زیر حد استاندارد آبیاری و بدین ترتیب به علت اسیدی بودن، برای مصارف آبیاری محدودیت وجود دارد. بیشترین اسیدیته مربوط به چاه‌های شمالی و مرکزی می باشد. آنالیز نتایج نمونه‌های آب برای بررسی وضعیت هدایت الکتریکی نشان داد آب کلیه چاه‌ها در محدوده‌ی درجه‌ی محدودیت مصرف جزئی تا متوسط قرار دارند

از آنجا که تحقیق حاضر یک تحقیق آزمایشگاهی است، داده‌های مورد نظر با استفاده از نتایج آزمایش‌ها به دست آمد. برای تحلیل داده‌ها با کمک نرم افزار GIS جهت پهنه بندی و تهیه نقشه پهنه بندی آنیون‌ها، کاتیون‌ها، نترات‌ها و هدایت الکتریکی

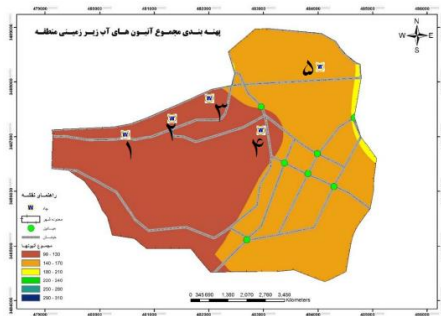
جدول ۵- غلظت فلزات سنگین در آب زیرزمینی منطقه و مقایسه آن‌ها با استانداردهای بین‌المللی

نام ایستگاه	Ag ($\mu\text{g/L}$)	Cd ($\mu\text{g/L}$)	Pb ($\mu\text{g/L}$)
کلیه چاه‌ها	$1 >$	$1 >$	$5 >$
حد استاندارد*	1	0.01	5

از میان فلزات سنگین اندازه‌گیری شده تنها کادمیوم غلظتی بالاتر از استاندارد دارد و سایر فلزات مانند نقره و سرب فاقد هر گونه محدودیت می‌باشند. با استفاده از جدول طبقه‌بندی ویلکوکس ۱۹۴۸ (۲۰) مشخص گردید که چاه‌های شماره‌ی ۱، ۲، ۳، ۴ و ۵ در کلاس $C3-SI$ قرار دارند بنابراین همه چاه‌ها از نظر کشاورزی در کلاس متوسط قرار دارند. همان طور که از جدول ۶ غلظت MTBE در آب زیرزمینی منطقه مورد مطالعه و نمودار ارایه شده مشخص است، میزان MTBE کمتر از حد استاندارد و بدون هیچ گونه محدودیت در مصرف می‌باشد.

جدول ۶- غلظت MTBE در آب زیرزمینی منطقه

نام ایستگاه	غلظت (MTBEL/ μg)
ریگ	< 10
میلاس	< 10
ارمند	< 10
چشمه برم	< 10



شکل ۲- نقشه پهنه‌بندی آنیون‌های آب زیرزمینی در منطقه مورد مطالعه

همان طور که در نقشه بالا مشخص است بیشترین آلودگی آنیونی در شهر یاسوج مربوط به چاه شماره ۵ می‌باشد.

و لذا در شرایط قابل مصرف برای آبیاری می‌باشند. محدوده غلظت TSS زیر ۵ میلی‌گرم در لیتر و میانگین $557/18$ TDS میلی‌گرم در لیتر و بدین ترتیب فاقد هرگونه ممنوعیت در مصرف برای آبیاری می‌باشند. مقادیر حداقل، حداکثر و متوسط آنیون‌ها و کاتیون‌های اندازه‌گیری شده آب چاه‌های منطقه مورد مطالعه به ترتیب در جداول ۳ و ۴ آورده شده است.

جدول ۳- مقادیر حداقل، حداکثر و متوسط آنیون‌ها اندازه‌گیری شده آب زیرزمینی منطقه

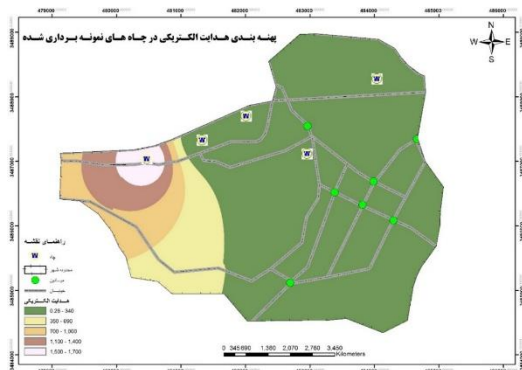
پارامتر آنالیز	نیترات (mg/L)	نیتریت (mg/L)	سولفات (qme/L)	کربنات (meq/L)	بی‌کربنات (meq/L)	کلراید (meq/L)
میانگین	۱۰۶/۹۶	۰/۲۶	۲/۶۹	۰	۴/۸۵	۴/۲۳
بیشینه	۲۹۷	۳/۱	۵/۹۵	۰	۶/۹۶	۹/۹۴
کمینه	۳۳	۰/۰۶	۱/۶۶	۰	۲/۹۵	۲/۹۹
میانه	۱۰۲/۱۵	۰/۰۶	۲/۳۵	۰	۴/۹۱	۳/۹۷
ماکزیمم مطلوب*	۱۰	۵	۲۰	۱	۱۰	۳۰
مینیمم مطلوب*	۰	۰	۰	۰	۰	۰

جدول ۴- مقادیر حداقل، حداکثر و متوسط کاتیون‌های اندازه‌گیری شده آب زیرزمینی منطقه

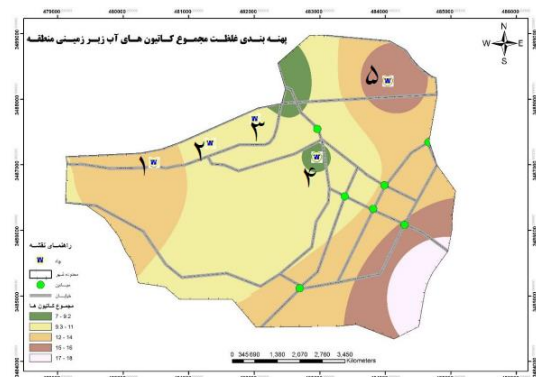
پارامتر آنالیز	سدیم (meq/L)	پتاسیم (mg/L)	منیزیم (meq/L)
میانگین	۵/۸۷	۲/۱۷۵	۲/۲۵
بیشینه	۱۲/۲۱	۴/۶	۲/۹۵
کمینه	۳/۰۸	۱/۳	۱/۶۳
میانه	۴/۹۵	۱/۹۵	۲/۲۱
ماکزیمم مطلوب*	۴۰	۲	۵
مینیمم مطلوب*	۰	۰	۰

در جداول ۳ و ۴ مشخص است که از میان آنیون‌ها فقط غلظت نیترات بالاتر از حد بیشینه استاندارد بود و از بین کاتیون‌ها تنها عنصر پتاسیم (بر طبق نتایج به دست آمده غلظت پتاسیم در ایستگاه ولبعصر بالاتر از حد مجاز می‌باشد)، که میزان تغییرات هر پارامتر در چاه‌های منطقه بر روی نمودار ۵-۱ و ۵-۲ نشان داده شده است.

در جدول ۵ غلظت فلزات سنگین در آب زیرزمینی منطقه و مقایسه آن‌ها با استانداردهای بین‌المللی انجام شد.



شکل ۶- نقشه پهنه‌بندی هدایت الکتریکی در چاه‌های منطقه مورد مطالعه



شکل ۳- نقشه پهنه‌بندی کاتیون‌های آب زیرزمینی در منطقه مورد مطالعه

۷- بحث

۱۷ پارامتر در ۵ چاه منطقه یاسوج مورد بررسی قرار گرفتند و بعد از مقایسه آن‌ها با میزان استاندارد ارایه شده (پارامترهای شیمیایی و غلظت آنیون‌ها با استاندارد فائو برای کیفیت آب کشاورزی و رهنمودهای تفسیر کیفیت آب آبیاری برگرفته شده از کمیته مشاوران دانشگاه کالیفرنیا ۱۹۷۴ و غلظت کاتیون‌ها و فلزات سنگین با راهنمای کیفیت آب استرالیا مقایسه شدند) از لحاظ بیشتر پارامترها، آب زیرزمینی منطقه در وضعیت مناسبی برای کشاورزی قرار داشتند و طبق نتایج به دست آمده از جدول طبقه‌بندی ویلکوکس در طبقه متوسط قرار دارند. از میان آنیون‌ها فقط غلظت نیترات بالاتر از حد بیشینه استاندارد بود و از بین کاتیون‌ها تنها عنصر پتاسیم بیشتر از حد استاندارد بود. از غرب به سمت شرق افزایش میزان EC, TDS و سدیم را مشاهده می‌کنیم که افزایش هدایت الکتریکی و کل مواد جامد محلول ریشه در تراکم فضای سبز در شرق و تجمع جریان‌های آب در این محدوده داشتند. علت اسیدی بودن آب در همگی چاه‌ها ممکن است به علت بارش باران اسیدی باشد که طی فصل نمونه‌برداری با شدت زیاد در منطقه صورت گرفت و همچنین وجود یون‌های دیگر همچون نیترات در آب چاه‌ها، دپارتمان منابع طبیعی اوهایو نیز علت اسیدی بودن آب زیرزمینی منطقه را اضافه شدن آب بارانی که اسیدی است، سایر فعالیت‌های معدنی محلی و سایر یون‌های یافت شده در آب زیرزمینی مانند نیترات و سولفات دانسته‌اند.

TSS در آب زیرزمینی منطقه در کلیه چاه‌ها ۵ میلی‌گرم در لیتر برآورد شده است که از کمینه استاندارد نیز کمتر است. مواد جامد معلق از کربنات، بی‌کربنات، کلراید، فسفات و سایر مواد جامد به وجود آمده است و معمولاً در محل تخلیه زباله‌ها غلظت بالایی دارند. گاهی این عامل به عنوان شاخص آلاینده‌گی منطقه نیز محسوب می‌شود.

دامنه غلظت کلراید در چاه‌های منطقه بین ۹/۹۴ در ایستگاه شماره ۵ و ۲/۹۹ در ایستگاه هجرت می‌باشد که در آب همگی



شکل ۴- نقشه پهنه‌بندی مواد غیر محلول در چاه‌های منطقه مورد مطالعه

همان طور که در نقشه بالا مشخص است بیشترین آلودگی مواد غیر محلول در شهر یاسوج مربوط به چاه شماره ۱ و ۴ می‌باشد.



شکل ۵- نقشه پهنه‌بندی میزان نیترات موجود در چاه‌های منطقه مورد مطالعه

همانند آب زیرزمینی در دشت کبودر آهنگ که دارای سدیم کمتر از حد مجاز بود، در آب زیرزمینی منطقه مورد مطالعه نیز مشخص شد غلظت سدیم کمتر از حد مجاز است.

سولفات که شکل اکسید شده گوگرد می‌باشد از منابع بالقوه بسیاری تولید می‌شود. ته نشست‌های اتمسفری اسیدی، انحلال گچ، اکسیداسیون مواد معدنی سولفیدی، ورودی‌های انسانی (به عنوان مثال فاضلاب و کودها) از عوامل تولید سولفات در آب زیرزمینی کارست در کشور چین بودند.

دلیل افزایش سولفات در چاه شماره ۵ را می‌توان به ته نشست‌های اتمسفری اسیدی که از طریق انتقال با آب باران موجب افزایش اسیدیته نیز شده بودند و کودها نسبت داد.

غلظت کربنات در همه‌ی چاه‌ها صفر بوده ولی غلظت بی‌کربنات از غرب به سمت شرق روند صعودی داشته است که علت این امر را می‌توان ورود فاضلاب غنی از مواد آلی به آب زیرزمینی منطقه دانست. در اثر تجزیه‌ی مواد آلی، دی‌اکسید کربن تولید شده در آب تولید یون بی‌کربنات می‌کند و غلظت آن افزایش می‌یابد. با آنالیز آب زیرزمینی منطقه و مقایسه غلظت عناصر پتاسیم با استانداردهای بین‌المللی آب کشاورزی ثابت گردید که میزان آن در برخی از چاه‌ها از حد استاندارد بالاتر است. با توجه به این که بخش شرق و شمال شرقی منطقه مورد مطالعه نهشته‌های D1 ریز دانه می‌باشد که از رسوبات دانه ریز (سیلت و رس) تشکیل شده است و پتاسیم در مواد معدنی متنوعی مانند فلدسپار، میکا و رس وجود دارد.

بدین ترتیب می‌توان علت افزایش پتاسیم در ۱۹٪ از چاه‌های بخش شرق و شمال شرق منطقه را به این ساختار مربوط دانست. میزان منیزیم نیز در آب زیرزمینی منطقه کمتر از حد استاندارد می‌باشد. احتمالاً علت افزایش نسبی غلظت آن در بخش‌هایی از منطقه به ساختار زمین‌شناسی آن مربوط می‌باشد.

نتایج میزان غلظت فلزات سنگین با استانداردهای آب آبیاری مقایسه گردید و نشان داد که غلظت فلزات سنگین به جزء کادمیوم پایین‌تر از حد مجاز می‌باشد؛ بنابراین منابع آب آبیاری چاه‌های موجود در منطقه از نظر فلزات سنگین منابع مطمئنی هستند و به دلایل مختلف از جمله کم بودن صنایع در منطقه، ترکیبات زمین‌شناسی منطقه، کاهش نفوذ فاضلاب‌های شهری به منابع آب، شرایط جغرافیایی و محیط حاکم بر منطقه و غیره در معرض آلودگی به فلزات سنگین (به جزء کادمیوم) نیستند.

تحقیقات گین و همکاران نشان داد که غلظت‌های فلزات سنگین در طول زمان تغییر می‌کند و مشخص شد چاه‌های موجود در یک محل می‌تواند به طور گسترده‌ای دارای غلظت‌های متفاوتی از فلزات باشند. در واقع غلظت فلزات سنگین در چاه‌ها، مرتبط با

چاه‌ها کمتر از حد استاندارد تعیین شده بود. شمعانیان و همکاران در مطالعه‌ی آب زیرزمینی دشت گرگان افزایش ناگهانی کلراید را در برخی از چاه‌ها مشاهده کردند که علت را با توجه به مطالعات ژئوالکتریک که شواهدی از وجود رسوبات تبخیری را نشان نمی‌داد مربوط به نفوذ پس آب‌های شهری و روستایی و آب‌های فسیل دانسته‌اند که در مورد آب زیرزمینی یاسوج نیز ممکن است به همین دلیل باشد.

در چاه شماره ۵ غلظت نیترات و سولفات بیشتر از مابقی چاه‌ها می‌باشد. در مورد نیترات که در برخی از چاه‌ها بیشتر از حد استاندارد بین‌المللی کشاورزی بود، علت اصلی آن، استفاده از کودهای شیمیایی نیترا ته شامل نیترات فسفات، کود اوره، ماکرو کامل AKEPM و کود میکرو که شامل میکروالمنت‌ها، کود کربستالون و کود سکسترین است. نتایج کپودر و شولکا در آب زیرزمینی تورنفلد نیز نشان داد که در بین استفاده‌های مختلفی که از آب می‌شود کشاورزی منبع اصلی آلودگی آب زیرزمینی توسط نیترات محسوب می‌شود.

مطالعات لاله زاری و همکاران نیز در سال ۱۳۸۷ طی بررسی تغییرات ماهانه نیترات در آب زیرزمینی دشت شهرکرد نقش فعالیت‌های کشاورزی در عدم تأمین سلامت آب را نشان می‌دهد. همچنین وجود بافت خاک شنی - ماسه‌ای و شنی - رسی در چاه‌های مورد مطالعه از یک سو و عدم رعایت حریم چاه‌ها از سوی دیگر و تحرک بالای نیترات و افزایش میزان آب شویی و انتقال یون مذکور به آب‌های زیرزمینی، سبب آلودگی آب این مناطق توسط یون نیترات شده است.

همچنین قرارگیری شیب منابع آلاینده به سمت چاه، عمق کم چاه‌های حفاری شده مورد مطالعه برای آبیاری فضای سبز و استفاده از چاه‌های جذبی جهت دفع فاضلاب‌های خانگی از دیگر عوامل تشدید کننده‌ی مقدار آلودگی در این چاه است.

ابیدات و همکاران (۲۰۰۷) به مطالعه آب ۱۶ چاه در نقاط مختلف منطقه الهاشمیه کشور اردن پرداختند، نتایج این مطالعه نیز ثابت کرد همبستگی زیادی بین غلظت نیترات و فاضلاب به عنوان منبع آلوده می‌باشد.

همچنین نتایج مطالعه نشان می‌دهد که مقادیر یون نیتريت در آب اکثر مناطق مورد بررسی از مقادیر استاندارد پیشنهادی پایین‌تر است. دلیل آن نیز می‌تواند ناپایدار بودن این یون و تبدیل سریع آن در طبیعت به یون نیترات باشد. بالا بودن غلظت یون نیترات در عین پایین بودن غلظت یون نیتريت گویای این واقعیت است که آلودگی موجود به تازگی و به صورت لحظه‌ای اتفاق نیفتاده، بلکه این افزایش در طی سال‌های متمادی رخ داده، در صورت عدم اعمال کنترل‌های لازم این روند ادامه خواهد داشت. نوروزی نیز در سال ۱۳۸۷ در همدان به این نتیجه رسید.

چاه شماره ۲ و ۳ می‌باشد. و بدین ترتیب از غرب به سمت شرق روند صعودی در غلظت این دو عامل قابل تشخیص است.

بالا بودن نسبت NO_3/Cl و SO_4/Cl و نتایج آنالیز میکروبی آب مهم‌ترین عامل آلودگی را فاضلاب‌های خانگی بیان می‌کند. شدت آلودگی چاه‌ها در مناطق با بافت درشت دانه که فاضلاب ورودی به زمین فرصت کمتری برای تصفیه دارد بیشتر است و از آنجا که بخشی از چاه‌های آب شرب در این مناطق واقع شده‌اند این چاه‌ها را در معرض آلودگی قرار می‌دهد. اکثر چاه‌های آلوده در بافت شنی خاک قرار گرفته‌اند. منشأ سولفات خیلی بالا در سفره آب زیرزمینی از فاضلاب‌های خانگی و همچنین وجود سازندهای گچی است. یک راه مهم برای جلوگیری از آلودگی بیشتر آب احداث شبکه استاندارد فاضلاب مرکزی در شهر و هدایت این آب‌ها بر روی سطح زمین در زمین‌های خارج شهر است که مانع از آلودگی آب‌های زیرزمینی می‌شود. همچنین می‌توان از این آب‌ها بعد از تصفیه برای کشاورزی و آبیاری باغات استفاده کرد.

بیشترین آلودگی آنیونی که شامل نیترات نیز می‌باشد مربوط به چاه شماره ۵ است و به سمت جنوب و شرق به آلودگی آنیونی افزوده می‌شود که می‌توان علت را مرتبط با افزایش تمرکز جمعیت انسانی و فضای سبز در این مناطق دانست که به نوبه خود موجب افزایش مصرف کودها و افزایش تولید فاضلاب می‌گردد. به دلیل حلالیت بالای نیترات و عدم وجود فرایندی خاص برای رسوب آن، در جهت شیب آب زیرزمینی انتقال یافته و غلظت آن در بخش‌های انتهایی دشت نیز تقریباً ثابت باقی مانده است.

برای تعیین منشأ آلودگی در منطقه اقدام به بررسی کلر و سولفات شد زیرا در بین تشکیل دهنده‌های شیمیایی کلراید در درجه اول و سولفات در درجه دوم به عنوان ردیاب در تعیین منشأ آلودگی اهمیت دارد.

بنا بر نتایج آزمایشات مشخص گردید که آب زیرزمینی منطقه دارای غلظت کلراید و سولفات کمتر از حد مجاز می‌باشد و تنها سه عنصر غلظتی بالاتر از استاندارد تعیین شده داشتند. بدین ترتیب می‌توان به این نتیجه رسید که آب چاه‌های منطقه از لحاظ مصرف برای آبیاری فاقد مشکلات جدی می‌باشد و نتایج حاصل از جدول ویلکوکس نیز با قرار دادن چاه‌ها در کلاس متوسط همین امر را اثبات می‌نماید.

با مقایسه نقشه پهنه‌بندی مجموع کاتیون‌ها و پهنه‌بندی غلظت پتاسیم با نقشه میزان EC, TDS در آب زیرزمینی منطقه متوجه تشابه در محل تمرکز آلاینده‌ها می‌شویم و بیشترین غلظت را در چاه ۵ مشاهده می‌نماییم. بدین ترتیب دو عامل طبیعی و انسانی موجب تشدید آلاینده‌های چاه‌های ناحیه گردیده‌اند.

محل و عمق چاه‌ها بوده و در چاه‌های کم عمق‌تر در نواحی مشخص زمین‌شناسی غلظت بالاتر بوده است.

مطالعه محمدیان و همکاران بر روی غلظت فلزات سنگین در آب چاه‌های مجاور کارخانه سرب و روی زنجان نشان داده است که غلظت روی در هیچ یک از نمونه‌ها از استاندارد ملی فراتر نبوده است ولی غلظت سرب و کادمیوم به ترتیب در ۵۹ و ۵۳٪ نمونه‌ها بیشتر از حد استاندارد سازمان بهداشت جهانی بوده است.

روبینا و همکاران، در مطالعه ارزیابی آلودگی فلزات سنگین در آب‌های زیرزمینی صنایع کاهوتا در اسلام آباد پاکستان نشان دادند که به استثناء سلیوم مشکلی در سایر غلظت‌های فلزات سنگین دیده نشده است.

غلظت بیش از چند میکروگرم در لیتر کادمیوم احتمالاً ناشی از تخلیه فاضلاب آلوده به کادمیوم می‌باشد.

حسن‌زاده و عباس نژاد در بررسی آلودگی آب‌های زیرزمینی شهر کرمان به فلزات سرب و کادمیوم به این نتیجه رسیدند دو آلاینده از منابع یکسانی (رواناب‌های سطح شهر و دفع شدن از طریق چاه‌های جذب) وارد سفره آب زیرزمینی گردیده‌اند.

می‌توان علت افزایش کادمیوم در صد در صد چاه‌ها را به علت آلوده شدن آب چاه‌ها به فاضلاب آلوده و یا شسته شدن خیابان‌ها و خاک‌های آلوده به کادمیوم در هنگام بارندگی‌ها و جریان یافتن آن به آب چاه‌ها دانست.

در همه‌ی چاه‌های نمونه‌برداری غلظت *MTBE* کمتر از حد استاندارد می‌باشد بنابراین نیازی به ارایه روش‌ها و راهکار نمی‌باشد. آندرو اسمیت نیز در یک گزارش مقدماتی که به بررسی ترکیبات گازوئیلی آب آشامیدنی مائین پرداخته بود، مشخص کرد که ۹۳/۹٪ از نمونه‌ها غلظتی از *MTBE* را نشان می‌دادند که یا غیر قابل تشخیص بوده و یا این که کمتر از ۱ میکروگرم در لیتر بودند به علاوه نوع یا حجم آب چاه و مجاورت آن‌ها به تانک‌های ذخیره از فاکتورهایی بودند که در غلظت *MTBE* آب چاه‌ها مؤثر تشخیص داده نشدند.

۸- نتیجه گیری

در این تحقیق پارامترهای کیفی آب زیرزمینی منطقه که شامل پارامترهای شیمیایی، فیزیکی، آنیون‌ها و کاتیون‌ها است، مورد بررسی قرار گرفت. با مقایسه غلظت فاکتورهای شیمیایی در چاه‌های مختلف و همان طور که در نقشه‌های ترسیم قابل مشاهده است بیشترین آلاینده‌ی مربوط به چاه ۵ و ۱ و ۴ است که همین عامل اصلی در افزایش مواد محلول و افزایش هدایت الکتریکی می‌تواند باشد. کمترین آلودگی مربوط به شمال شرق،

در مورد فلزات سنگین نیز با توجه به نقشه‌های پهنه‌بندی و نمودارهای متوسط غلظت‌ها نشان دهنده‌ی عدم آلودگی آب زیرزمینی منطقه به فلزات سنگین رب و نقره می‌باشد ولی غلظت کادمیوم در همه‌ی چاه‌ها به یک نسبت بیش از حد استاندارد: $1 < \mu\text{g/L}$ می‌باشد که علت آن را می‌توان به شسته شدن خیابان‌ها و خاک‌های آلوده به کادمیوم در هنگام بارندگی‌ها دانست.

در مجموع می‌توان گفت از غرب به شرق غلظت پتاسیم، TDS، EC، و از شرق به غرب غلظت نیترات روند صعودی را نشان می‌دهد و عوامل آلوده کننده آب چاه‌های منطقه شامل موارد ذیل می‌باشد:

استفاده از کودهای شیمیایی در اراضی کشاورزی با توجه به وسعت فضای سبز و باغات و پارک‌های موجود در منطقه یاسوج، فاضلاب‌های خانگی و عدم وجود شبکه‌ی فاضلاب و سیستم تصفیه در منطقه رواناب‌های سطحی با توجه به عدم وجود شبکه‌ی مهندسی و بهداشتی به منظور دفع آب‌های سطحی و فاضلاب، حل نمودن مقدار قابل توجهی از املاح در زمان عبور آب‌های سطحی از لایه‌های زمین و سایر عواملی مانند:

وضعیت توپوگرافی و شیب محدوده‌ی مطالعاتی، ساختمان زمین‌شناسی، عدم رعایت فاصله‌ی مناسب میان چاه‌های، آب و چاه‌های فاضلاب در برخی نواحی، عمق کم چاه، بافت قدیمی نواحی منطقه یاسوج می‌باشد.

منابع

۱. ای کگلی، س، آندروس، ج، حسن نیا، ص، ۱۳۸۶. شیمی آب، چاپ دوم، انتشارات دانشگاه گیلان.
۲. ایمان زاده، ح، خدایی، ب، ۱۳۸۹. بررسی مهم‌ترین پارامترهای هیدروشیمی آب زیرزمینی دشت کبودر آهنگ در سال ۱۳۸۹. مجموعه مقالات سی امین گردهمایی علوم زمین، تهران، ایران.
۳. آقازاده، ن، ۱۳۸۳. تأثیر استفاده گسترده از کودهای شیمیایی بر روی کیفیت منابع آب زیرزمینی، پایان‌نامه کارشناسی ارشد، هیدروژئولوژی، دانشگاه آزاد اسلامی واحد ارومیه، صفحات ۵۹-۶۲.
۴. جعفری علی قریه، ع، حافظی مقدس، ن، کاظمی غ، کفرانس زمین‌شناسی مهندسی و محیط زیست ایران
۵. حسن‌زاده، ر، عباس نژاد، الف، ۱۳۸۵. بررسی آلودگی آب‌های زیرزمینی شهر کرمان به فلزات سرب و کادمیوم، اولین همایش تخصصی محیط زیست، تهران، ایران.
۶. حسن‌زاده، ر، عباس نژاد، الف، حمزه، م، ع، ۱۳۸۹. ارزیابی آلودگی آب‌های زیرزمینی محدوده‌ی شهر کرمان، مجله محیط شناسی، سال سی و ششم، شماره ۵۶، صفحه ۱۰۱-۱۱۰.
۷. خزائی، ا، ۱۳۸۰. تأثیر گسترش شهرسازی بر کیفیت آب زیرزمینی.
۸. دانش، ش، ۱۳۸۵. طرح تحقیقاتی شناخت و ارائه راهکارهای کاهش بو در محل دفن زباله و کمپوست زباله‌های شهر مشهد.
۹. راهن، پ، فاطمی، م، رضایی، پ، ۱۳۸۳. زمین‌شناسی مهندسی از دیدگاه محیطی، انتشارات دانشگاه هرمزگان.
۱۰. شریعت پناهی، م، ۱۳۷۱. اصول کیفیت و تصفیه آب و فاضلاب، چاپ اول، انتشارات دانشگاه تهران، فصل سوم، صفحه ۱۳۷.
۱۱. شمعیان، غ، ۱۳۸۵. هیدروژئوشیمی آب‌های زیرزمینی در دشت گرگان: راهکاری برای حساسیت سنجی آلودگی آب‌های زیرزمینی، مجله علوم کشاورزی و منابع طبیعی، سال سوم، شماره چهارم، صفحه ۲۰-۲۹.
۱۲. صفری، الف، ۱۳۸۴. کاهش درجای بار آلی شیرابه در محل دفن زباله کهریزک، مجله محیط شناسی، سال سی و دوم، شماره ۳۵.
۱۳. طباطبایی، س. ح، توسلی، م، ۱۳۸۹. مطالعه میزان آلاینده‌های آب زیرزمینی شهر اصفهان و ارزیابی آن با تأکید بر جنبه آب شرب، مجله علمی کشاورزی، شماره ۲، جلد ۲۹، صفحه ۷۹-۹۲.
۱۴. غصبان، ف، ۱۳۸۵. زمین‌شناسی زیست محیطی، انتشارات دانشگاه تهران.
۱۵. غلامعلی زاده آهنگر، الف، ۱۳۸۶. کیفیت و ارزیابی کیفی آب آبیاری، چاپ دوم، نشر علوم کشاورزی، فصل سوم، صفحه ۵۴.
۱۶. غیاث‌الدین، م، داویدیان، م، ۱۳۶۵. اثر دفن زباله بر آب‌های سطحی و زیرزمینی منطق کهریزک و جاجرود، مجله محیط شناسی، سال سیزدهم، شماره ۱۴.
۱۷. فتائی، الف، ۱۳۸۵. مدیریت مواد جامد زائد، انتشارات مهد تمدن.
۱۸. قاسمی، ع، ۱۳۸۸. بررسی تغییرات کمی و کیفی آب زیرزمینی دشت همدان-بهار، فصلنامه علمی پژوهشی گیاه و زیست بوم، سال ششم، شماره ۲۳، صفحه ۱۱۴-۱۱۶.
۱۹. لاله زاری، ر، ۱۳۸۸. بررسی تغییرات ماهانه نیترات در آب زیرزمینی دشت شهرکرد و پهنه‌بندی آن با استفاده از سیستم اطلاعات جغرافیایی، مجله پژوهش آب ایران، جلد سیزدهم، شماره چهارم، صفحه ۹-۱۷.
۲۰. لاله زاری، ر، طباطبائی، ح، ۱۳۸۹. خصوصیات شیمیایی آب زیرزمینی دشت شهرکرد، مجله محیط شناسی، سال سی و ششم، شماره ۵۳، صفحه ۵۵-۶۲.
۲۱. لطیف، م، ۱۳۸۴. بررسی آلودگی نیترات و منشأیابی آن در آب‌های زیرزمینی دشت مشهد، مجله‌ی علوم کشاورزی و منابع طبیعی، شماره ۱۲، جلد ۲، صفحه ۲۱-۳۲.
۲۲. نوروزی، ح، ۱۳۸۷. ارزیابی یون‌های نیترات و نیتريت در آب زیرزمینی همدان، مجموعه مقالات دهمین کنفرانس ملی بهداشت محیط، سنندج، ایران.
23. Andrew .E. .Smith .SM. .Hunter .B. .Loiselle .M. .1998. The Presence of MTBE and Other Gasoline Compounds in Maine's Drinking Water: A Preliminary Report ,1-2 see information in: <http://www.state.me.us/dhs/boh>.
24. Anzecc & Armcanz .2000. Australian Water Quality Guidelines for Fresh and Marine Water .see information in:<http://www.environment.gov.au/water/publications/quality/index.htm>.
25. Ayers .R.S. .Westcot .D.W. .1985. Water quality for agriculture .FAO Irrigation and Drainage Paper ,29 Rev.1.

26. Bernd, C.R., and Charls .W.K. .1986. Geochemistry of salt water beneath the rolling plains, northcentral Texas. *Groundwater Journal*, Vol. 24, pp. 735-742.
27. Cameron robert D. 1987 The effects of solid waste land fill leachates on receiving waters *journal of american water works association* 173-176
28. Cepuder .P. & Shukla .M.K. .2002. Groundwater nitrate in Austria: a case study in Tullnerfeld. *Nutrient Cycling in Agroecosystems Journal*. Vol. 64, No 3, pp. 301-315(15).
29. Faithful J. and Finlayson .W. .2005. Water quality assessment for sustainable agriculture in the Wet Tropics- A community assisted approach. *Marine pollution Bulletin* .Vol. 51(1-4) ,pp.99-112
30. Garduño .H. Saleem .R. Sengupta .B. .2011. India Groundwater Governance Case Study .*Water Papers* ,pp.9-10. see information in: <http://www.worldbank.org/water>.
31. Geen .V. Zheng .Y. .Versteeg .R. .2003. Spatial variability of arsenic in 6000 tube wells in a 25 km² area in Bangladesh. *Water Resources Research Journal* .Vol. 39(5) ,pp.1140-1156.
32. Giuliano .G. Carone .G. Corazza .A. .1998. Mapping Pollution of Groundwater Used for Drinking Water Supply .Rome .Italy. GNDCI Publication .No. 1875, one oversized sheet.
33. Ground Water Quality .2011. Ohio Department of Natural Resources see information in: <http://www.ohiodnr.gov/soilandwater>.
34. Helperin .A. N. Beckman .D. S. Inwood .D. .2001. California's Contaminated Groundwater .*Natural Resources Defense Council* ,pp12-14.
35. Jalili .M. .2007. Assessment of the chemical components of Famenin groundwater, western Iran. *Environmental Geochemistry and Health Journal* .Vol. 29(5) ,pp.357-374
36. Junbing .Pu. Daoxian .Y. Cheng Z. Heping Z. .2013. Hydrogeochemistry and possible sulfate sources in karst groundwater in Chongqing China. *Environmental Earth Sciences Journal*. Vol. 68(1) ,pp. 159-168.
37. Mahananda .M.R. Mohanty .B.P. & Behera .N.R. .2010. Physico-Chemical Analysis of surface and groundwater of Bargarh district .Orissa .India. *Journal of IJRRAS* .Vol. 2(3) ,pp.284-291.
38. Mohamadian .M. Noori J. Afshari .N. Nasiri J. Noorani .M. .2008. The survey of heavy metals concentration in water wells in neighbor of Zanjan plump and zinc factory. *Journal of Health and Environment* .Vol. 1(1) ,pp. 51- 56.
39. Obeidat .M.M. Massadeh .A.M. Al-Ajlouni .A.M. and Athamneh .F.S. .2007. Analysis and evaluation of nitrate levels in groundwater at Al-Hashimiya area .Jordan. *Environmental Monitoring and Assessment Journal*. Vol. 135(1-3) ,pp. 475-486.
40. Patwardhan -A «Changing status of urban water bodies and associated health concern in Pune .India»- *Proceedings of the Third International Conference on Environment and Health* .2003- Dehli-India.
41. Radojevic .M.V. & Bashkin .N. *Practical environmental analysis* ,3rd ed .London .Royal Society of Chemistry .1999. 520p.
42. Rubhera .R.A.M. Eindhoven .M. . Groundwater pollution in urban Dar es Salaam Tanzania: assessing vulnerability and protection priorities. MSc Thesis in Irrigation management major. University of Technology .The Netherlands June 2002; pages 98-100.
43. Rubina .K. Zulfikar .A. .2009. Determination of toxic inorganic elements pollution in groundwater of Kahuta Industrial Triangle Islamabad, Pakistan using inductively coupled plasma mass spectrometry. *Journal of Environment Monitoring Assessment* .Vol. 157(1-4) ,pp. 347-354.
44. salvato. j.A. wike. G. william 1971. sanitary land-fill leaching prevention and control, wrolater pullution control fedration vol. 43.10,pp.2048 2100.
45. Tchobanglous, G. thisen, h. fliassen R. 1977. solid wastes engineering principle and management pp.322, McGraw- hill Book Company Newyork.
46. Todd, D.K. AND Larry, W.M., 2005, Groundwater Hydrology. John Wiley & Sons Publications
47. USEPA .1997. Drinking Water Advisory: Consumer Acceptability Advice and Health Effects Analysis on Methyl Tertiary-Butyl Ether .U.S. Environmental Protection Agency, Office of Water .EPA-822-F-97-009.
48. Wilcox .L.V. .1948. The Quality of Irrigation Water. US Dept. of Agricultural Technology Bulletin .Vol. 962 . pp.1-40.

49.Xaun ,V. 2001. Ground water pollution in Hochiminh city and it's prevention-case study ,Annual Report of FY 2001 .The Core University Program between Japan society for the Promotion of Science (JSPS) and National Centre for Natural Science and Technology (NCST) .Volume.P.1-P.7.pp.4-5.